

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-218452

(P 2000-03-21-8-4-5-2-A)

(43)公開日 平成15年7月31日(2003.7.31)

(51)Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テームド(参考)
H 0 1 S 5/042	6 1 0	H 0 1 S 5/042 6 1 0	5D119
G 1 1 B 7/125		G 1 1 B 7/125	A 5D789
H 0 1 S 5/343		H 0 1 S 5/343	5F073

審査請求 未請求 請求項の数17 O L

(全13頁)

(21)出願番号 特願2002-9853(P2002-9853)
(22)出願日 平成14年1月18日(2002.1.18)

(71)出願人 000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(72)発明者 蛭川 秀一
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内
(72)発明者 岸本 克彦
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内
(74)代理人 100062144
弁理士 青山 葆 (外2名)

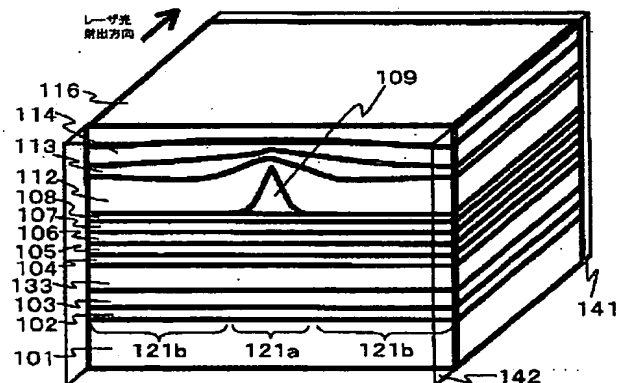
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置およびその製造方法並びに光ディスク再生記録装置

(57)【要約】

【課題】 発振波長が760nmより大きく800nmより小さくて、高信頼性、長寿命、かつ、高出力な半導体レーザ装置およびその製造方法を提供すること。

【解決手段】 共振器後端面近傍の領域において、断面略3角形状のストライプ形状のp-AlGaAs第二上クラッド層109、n-AlGaAs第一電流ブロック層112、n-GaAs第二電流ブロック層113およびp-GaAs平坦化層114およびp-GaAsキャップ層116でpnp接合を形成している。共振器前端面近傍のメサストライプ形状の第二上クラッド層109直上にはキャップ層110が設けられる。これにより、共振器後端面近傍の領域における多重歪量子井戸活性層105への注入電流密度は、他の領域における多重歪量子井戸活性層105への注入電流密度よりも低減される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs基板上に、少なくとも、下クラッド層、夫々InGaAsPからなる井戸層および障壁層を有する量子井戸活性層、上クラッド層が積層されており、共振器前端面および共振器後端面に垂直な方向のストライプ状電流注入構造を有し、発振波長が760nmより大きく800nmより小さい半導体レーザ装置において、

上記共振器前端面に低反射率コーティング膜を、上記共振器後端面に高反射率コーティング膜を設け、上記共振器後端面近傍の領域における注入電流密度を他の領域における注入電流密度よりも低減する構造を備えることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記共振器後端面近傍に電流非注入領域を設けていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の半導体レーザ装置において、上記共振器前端面近傍の領域における注入電流密度を低減する構造を備えることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項4】 請求項3に記載の半導体レーザ装置において、上記共振器前端面近傍に電流非注入領域を設けていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項5】 請求項2または4に記載の半導体レーザ装置において、上記共振器後端面近傍の領域のみ、もしくは、上記共振器前端面近傍と共振器後端面近傍の両方の領域にて、上記ストライプ状電流注入構造が電流を阻止する半導体層により覆われている構造をもつことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項6】 請求項5に記載の半導体レーザ装置において、上記基板が第一導電型半導体からなり、上記ストライプ状電流注入構造が第二導電型の半導体層からなり、上記電流を阻止する半導体層が第一導電型半導体層からなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、上記低反射率コーティング膜がAl₂O₃からなり、上記高反射率コーティング膜がAl₂O₃/TiO₂の多層膜からなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項8】 請求項1乃至7のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、上記井戸層が圧縮歪を有していることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項9】 請求項8に記載の半導体レーザ装置において、上記圧縮歪量が3.5%以内であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項10】 請求項1乃至9のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、上記障壁層が引張歪を有していることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項11】 請求項10に記載の半導体レーザ装置において、上記引張歪量が3.5%以内であることを特

徴とする半導体レーザ装置。

【請求項12】 請求項1乃至11のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、上記上クラッド層と上記量子井戸活性層との間に上ガイド層を有するか、または、上記下クラッド層と上記量子井戸活性層との間に下ガイド層を有するか、もしくは、上記上ガイド層および下ガイド層の両方を有しており、上記各ガイド層はAlGaAsからなり、かつ、上記量子井戸活性層は、上記各ガイド層に接する部分が障壁層であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項13】 請求項12に記載の半導体レーザ装置において、上記各ガイド層を構成するAlGaAsのAl混晶比が、0.2より大きいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項14】 半導体基板上に少なくとも二層以上の半導体層を積層する工程と、

最も上の上記半導体層上にエッチングマスクを作成する工程と、

上記エッチングマスクを利用して、そのエッチングマスクから遠い方の半導体層が上記エッチングマスクに近い方の上記半導体層と部分的に離間するようにエッチングする工程と、

上記エッチングマスクを超音波洗浄にて除去すると共に、上記エッチングマスクに近い方の上記半導体層の一部であって上記エッチングマスクから遠い方の上記半導体層と離間している部分を超音波にて除去する工程とを備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項15】 請求項14に記載の半導体装置の製造方法において、上記半導体装置が、ストライプ状電流注入構造を有し、かつ、共振器の端面近傍の領域における注入電流密度を他の領域における注入電流密度よりも低減する構造を有する半導体レーザ装置であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項16】 請求項14に記載の半導体装置の製造方法において、

上記半導体基板はGaAs基板であり、

上記少なくとも二層以上の半導体層は、発振波長が760nmより大きく800nmより小さい夫々InGaAsPからなる井戸層および障壁層を有する量子井戸活性層と、クラッド層と、そのクラッド層の直上のキャップ層を含み、

上記エッチングマスクは幅の広い部分と幅の狭い部分を有し、かつ、上記エッチングマスクは上記キャップ層上に設けられ、

上記キャップ層および上記クラッド層が上記エッチング工程によって、上記キャップ層に幅の広い部分と幅の狭い部分が形成されるように、かつ、上記クラッド層の幅が上記キャップ層の幅よりも狭くなるように、上記キャップ層および上記クラッド層がエッチングされると共に、上記エッチングマスクの上記幅の狭い部分の対応す

10

20

30

40

50

る上記クラッド層の部分が上記幅の狭いキャップ層の部分から離間させられ、

上記超音波洗浄にて上記キャップ層の幅の狭い部分が除去され、

上記除去された幅の狭いキャップ層の部分の下の上記クラッド層の上に電流ブロック層が設けられることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項17】 請求項1乃至13のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置を備えることを特徴とする光ディスク再生記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体レーザ装置、特に、高出力・高信頼性・長寿命を実現できる半導体レーザ装置、および、それを用いた光ディスク再生記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光通信装置や光記録装置などに用いられる半導体レーザ装置は、その高速化・大容量化といったニーズに伴い、半導体レーザ装置の様々な特性を向上させるための研究開発が進んでいる。

【0003】従来、CDやCD-R/RWといった光ディスク再生（記録）装置に用いられる780nm帯の半導体レーザ装置は、AlGaAs系の材料により作製されている。また、共振器前端面に低反射率コーティング膜を設け、共振器後端面に高反射率コーティング膜を設けて、上記高反射率コーティング膜を備えている上記共振器後端面にて半導体レーザ装置内部のレーザ光を大部分反射して、上記低反射率コーティング膜を備えている共振器前端面から高出力なレーザ光を得ている。

【0004】上記従来のAlGaAs系の半導体レーザ装置の概略図を図15に示す。この半導体レーザ装置は、n-GaAs基板501上に、n-GaAsバッファ層502、n-Al_{0.45}Ga_{0.55}As第一下クラッド層503、n-Al_{0.65}Ga_{0.45}As第二下クラッド層504、Al_{0.28}Ga_{0.72}As下ガイド層505、図示しないAl_{0.12}Ga_{0.88}As井戸層（層厚80Å、3層）とAl_{0.33}Ga_{0.67}As障壁層（層厚50Å、2層）を交互に配置してなる多重量子井戸活性層506、Al_{0.28}Ga_{0.72}As上ガイド層507、p-Al_{0.65}Ga_{0.45}As第一上クラッド層508、p-GaAsエッチストップ層509を順次積層している。さらに、上記エッチストップ層509上に、メサストライプ状のp-Al_{0.65}Ga_{0.45}As第二上クラッド層510を設け、その第二上クラッド層510の上に底状のp-GaAsキャップ層511を形成している。また、上記第二上クラッド層510の両側のエッチストップ層509上には、n-Al_{0.65}Ga_{0.35}As第一電流ブロック層512およびn-G

aAs第二電流ブロック層513を積層して、メサストライプ以外の領域を電流狭窄部としている。また、上記第二電流ブロック層513上にはp-GaAs平坦化層514を設け、さらに、全面にp-GaAsコンタクト層515を積層している。そして、上記コンタクト層515上および上記基板501下に、図示しないが、それぞれ電極を配し、バーの状態にへき開後に、前端面に低反射率コーティング膜541（反射率13%、Al₂O₃単層）を、後端面に高反射率コーティング膜542（反射率85%、Al₂O₃が4層、Siが3層を交互に計7層）を蒸着して、図15に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0005】この半導体レーザ装置の光出力-電流特性を図10に示す。この半導体レーザ装置は、図10から分るように、しきい値電流はおおよそ35mAであり、COD（光学損傷すなわち端面破壊）レベルがおおよそ160mWである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のAlGaAs系の材料を用いた半導体レーザ装置では、活性なAlの影響により、高出力駆動時に前端面においてCOD（端面破壊）が起こりやすく、最高光出力も160mW程度でしかなかった。このCODは、以下のようなメカニズムによって生じていると考えられている。すなわち、共振器端面において、Alの酸化物による表面準位が多いために、キャリアがこの準位を介して吸収されて非発光再結合電流が流れ、局所的に温度が上昇する。この温度上昇によって端面近傍のバンドギャップが縮小し、さらにレーザ光の吸収が増加し、端面温度が上昇する。このような正帰還を繰り返すことにより端面が溶融して発振が停止すると考えられている。

【0007】そこで、本発明者らはAlを含まない（Alフリー）材料による活性層を有する高出力半導体レーザ装置の研究を進めたところ、250mW近くまでの最高光出力をもつ半導体レーザ装置を実現したものの、後端面が急速劣化して発振が停止するという現象を確認した。

【0008】そこで、本発明の課題は、GaAs基板上にAlフリー材料による活性層を有する高出力半導体レーザ装置、特にCD-R/RW用780nm帯高出力半導体レーザ装置において、後端面の急速劣化を防止して高出力駆動状態において高信頼性・長寿命を有する半導体レーザ装置およびその製造方法並びに光ディスク再生記録装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明者らが鋭意検討したところ、Alフリー材料を用いることで、いわゆる端面のCOD破壊は抑制されているものの、別の要因により後端面側が劣化すること、さらに、電流密度、特に後端面近傍における電流密

度を低減させることで、この劣化が抑制されることを確認した。

【0010】本発明の半導体レーザ装置は、GaAs基板上に、少なくとも、下クラッド層、夫々InGaAsPからなる井戸層および障壁層を有する量子井戸活性層、上クラッド層が積層されており、共振器前端面および共振器後端面に垂直な方向のストライプ状電流注入構造を有し、発振波長が760nmより大きく800nmより小さい半導体レーザ装置において、上記共振器前端面に低反射率コーティング膜を、上記共振器後端面に高反射率コーティング膜を設け、上記共振器後端面近傍の領域における注入電流密度を他の領域における注入電流密度よりも低減する構造を備えることを特徴としている。

【0011】上記構成によれば、量子井戸活性層がInGaAsPからなっておりAlを含まないため、酸化が起きにくくてCOD（端面破壊）が起きにくいことに加えて、上記共振器後端面近傍の領域における注入電流密度を低減する構造によって共振器の後端面の急速劣化を防止することができる。したがって、従来のAlGaAs系の半導体レーザ装置では実現し得なかった高出力・高信頼性・長寿命を有する半導体レーザ装置が実現できる。

【0012】1実施の形態では、上記共振器後端面近傍に電流非注入領域を設けている。

【0013】上記実施の形態では、上記電流非注入領域によって上記共振器後端面近傍の領域における注入電流密度を低減することができる。したがって、共振器の後端面の急速劣化を防止することができる。

【0014】また、1実施の形態は、上記共振器前端面近傍の領域における注入電流密度を低減する構造を備える。

【0015】上記実施の形態では、上記共振器前端面近傍の領域における注入電流密度を低減する構造によって、共振器の前端面の急速劣化を防止することができる。

【0016】また、1実施の形態では、上記共振器前端面近傍に電流非注入領域を設けている。

【0017】上記実施の形態では、上記電流非注入領域によって上記共振器前端面近傍の領域における注入電流密度を低減することができる。したがって、共振器の前端面の急速劣化を防止することができる。

【0018】また、1実施の形態では、上記共振器後端面近傍の領域のみ、もしくは、上記共振器前端面近傍と共振器後端面近傍の両方の領域にて、上記ストライプ状電流注入構造が電流を阻止する半導体層により覆われている構造をもつ。

【0019】上記実施の形態によれば、上記共振器後端面近傍の領域のみ、もしくは、上記共振器前端面近傍と共振器後端面近傍の両方の領域にて、上記ストライプ状

電流注入構造が電流を阻止する半導体層により覆われているから、上記共振器後端面近傍の領域、あるいは、上記共振器後端面近傍および共振器前端面近傍の領域における注入電流密度を低減することができる。したがって、共振器の後端面、あるいは、後端面および前端面の急速劣化を防止することができる。

【0020】また、1実施の形態では、上記基板が第一導電型半導体からなり、上記ストライプ状電流注入構造が第二導電型の半導体層からなり、上記電流を阻止する半導体層が第一導電型半導体層からなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【0021】上記実施の形態によれば、pnpまたはnpn接合を形成して、上記ストライプ状電流注入構造への電流の注入を防止することができる。

【0022】なお、本明細書では、第一導電型とはn型またはp型を言い、第一導電型がn型であるときは、第二導電型はp型になり、第一導電型がp型であるときは、第二導電型はn型になる。

【0023】また、1実施の形態では、上記共振器前端面の低反射率コーティング膜がAl₂O₃からなり、上記共振器後端面の高反射率コーティング膜がAl₂O₃/TiO₂の多層膜からなる。

【0024】通常、従来の半導体レーザ装置の後端面には、高反射率コーティング膜としてAl₂O₃/Siの多層膜が用いられる。一方、本実施の形態では、共振器後端面の高反射率コーティング膜としてAl₂O₃/TiO₂の多層膜を用いている。本実施の形態のAl₂O₃/TiO₂の多層膜におけるTiO₂は、従来のAl₂O₃/TiO₂の多層膜におけるSiよりもレーザ射出光の吸収が少なく、強い材料であるため、共振器後端面の劣化をより防止できる。

【0025】また、1実施の形態では、上記井戸層が圧縮歪を有する。

【0026】上記実施の形態によれば、上記井戸層が圧縮歪を有するから、上記GaAs基板上的InGaAsPからなる量子井戸活性層が、圧縮歪量子井戸活性層となって、特に780nm帯において高信頼性・長寿命・高出力な半導体レーザ装置を実現できる。

【0027】また、1実施の形態では、上記圧縮歪量が3.5%以内である。

【0028】上記実施の形態によれば、上記圧縮歪量が3.5%以内であるので、より好適に高信頼性・長寿命・高出力な半導体レーザ装置を実現することができる。

【0029】また、1実施の形態では、上記障壁層が引張歪を有する。

【0030】上記実施の形態によれば、上記障壁層が引張歪障壁層であるので、上記圧縮歪を有する井戸層に対してその圧縮歪量を障壁層の引張歪で補償して、より安定した結晶をもつ歪量子井戸活性層を作製することができる。したがって、信頼性の高い半導体レーザ装置を実

現することができる。

【0031】また、1実施の形態では、上記障壁層の有している引張歪量が3.5%以内である。

【0032】上記実施の形態によれば、上記引張歪量が3.5%以内であるので、より好適に高信頼性・長寿命・高出力な半導体レーザ装置を実現することができる。

【0033】また、1実施の形態では、上記上クラッド層と上記量子井戸活性層との間に上ガイド層を有するか、または、上記下クラッド層と上記量子井戸活性層との間に下ガイド層を有するか、もしくは、上記上ガイド層および上記下ガイド層の両方を有しており、上記各ガイド層はAlGaAsからなり、かつ、上記量子井戸活性層は、上記各ガイド層に接する部分が障壁層である。

【0034】上記実施の形態によれば、上記ガイド層はAlGaAsからなり、かつ、上記量子井戸活性層は、上記ガイド層に接する部分が障壁層であって、発光再結合のおこる井戸層にはAlGaAsからなるガイド層が隣接していないので、信頼性を確保しながら、キャリアのオーバーフローはAlGaAsからなるガイド層のコンダクションバンドのエネルギー(Ec)、バレンスバンドのエネルギー(Ev)により十分に抑制できる。したがって、高信頼性・長寿命・高出力な半導体レーザ装置が得られる。

【0035】また、1実施の形態では、上記各ガイド層を構成するAlGaAsのAl混晶比が、0.2より大きい。

【0036】上記実施の形態によれば、上記ガイド層を構成するAlGaAsのAl混晶比が、0.2より大きいから、より好適に高信頼性・長寿命・高出力な半導体レーザ装置を実現することができる。

【0037】本発明の半導体装置の製造方法は、半導体基板上に少なくとも二層以上の半導体層を積層する工程と、最も上の上記半導体層上にエッチングマスクを作成する工程と、上記エッチングマスクを利用して、そのエッチングマスクから遠い方の半導体層が上記エッチングマスクに近い方の上記半導体層と部分的に離間するようにエッチングする工程と、上記エッチングマスクを超音波洗浄にて除去すると共に、上記エッチングマスクに近い方の上記半導体層の一部であって上記エッチングマスクから遠い方の上記半導体層と離間している部分を超音波にて除去する工程とを備えることを特徴としている。

【0038】上記構成の半導体装置の製造方法によれば、エッチングマスクを超音波洗浄で除去している際に、上記エッチングマスクに近い方の半導体層の不要な一部であって上記エッチングマスクから遠い方の上記半導体層と離間している上記不要な一部が上記超音波洗浄のエネルギーによってへき開等で欠けて除去される。このように、超音波洗浄によって、エッチングマスクすなわちレジストマスクを除去すると同時に、半導体層の不要な部分を除去できて、製造工程を簡略化できる。

【0039】ここで、上記半導体装置とは、例えば、半導体レーザ装置、発光ダイオード、フォトダイオード、接合型トランジスタ、FET（電界効果型トランジスタ）等を含む。

【0040】1実施の形態の半導体装置の製造方法では、上記半導体装置が、ストライプ状電流注入構造を有し、かつ、共振器の端面近傍の領域における注入電流密度を他の領域における注入電流密度よりも低減する構造を有する半導体レーザ装置である。

【0041】上記実施の形態によれば、上記ストライプ状電流注入構造と上記注入電流密度を低減する構造とを有する半導体レーザ装置を簡単安価に製造できる。

【0042】また、1実施の形態の半導体装置の製造方法は、上記半導体基板はGaAs基板であり、上記少なくとも二層以上の半導体層は、発振波長が760nmより大きく800nmより小さい夫々InGaAsPからなる井戸層および障壁層を有する量子井戸活性層と、クラッド層と、そのクラッド層の直上のキャップ層を含み、上記エッチングマスクは幅の広い部分と幅の狭い部分を有し、かつ、上記エッチングマスクは上記キャップ層上に設けられ、上記キャップ層および上記クラッド層が上記エッチング工程によって、上記キャップ層に幅の広い部分と幅の狭い部分が形成されるように、かつ、上記クラッド層の幅が上記キャップ層の幅よりも狭くなるように、上記キャップ層および上記クラッド層がエッチングされると共に、上記エッチングマスクの上記幅の狭い部分の対応する上記クラッド層の部分が上記幅の狭いキャップ層の部分から離間させられ、上記超音波洗浄にて上記キャップ層の幅の狭い部分が除去され、上記除去された幅の狭いキャップ層の部分の下の上記クラッド層の上に電流ブロック層が設けられることを特徴としている。

【0043】上記実施の形態によれば、上記幅の広い部分と幅の狭い部分を有するエッチングマスクを用いるエッチングによって、上記キャップ層に幅の広い部分と狭い部分が形成されると共に、上記クラッド層がエッチングされて、上記エッチングマスクの上記幅の狭い部分の対応する上記クラッド層の部分が上記幅の狭いキャップ層の部分から離間させられる。そして、上記超音波洗浄のエネルギーによって、エッチングマスクの除去と同時に、上記キャップ層の幅の狭い部分が簡単に除去される。このキャップ層の幅が狭い部分が除去されたクラッド層の部分の上に設けられた電流ブロック層が、電流非注入領域となる。

【0044】本発明の光ディスク再生記録装置は、上記半導体レーザ装置を備える。

【0045】上記構成の光ディスク再生記録装置では、上記半導体レーザ装置が従来の半導体レーザ装置よりも高い光出力で動作するため、光ディスクの回転数を従来よりも高速化してもデータの読み書きが可能である。し

たがって、本発明の光ディスク再生記録装置は、特に書き込み時に問題となっていた光ディスクへのアクセス時間が、従来の半導体レーザ装置を用いた光ディスク再生記録装置よりも格段に短くなって、より快適に操作できる。

【0046】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）図1は本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置を後端面側から見た斜視図であり、図2は上記半導体レーザ装置を前端面側から見た正面図である。

【0047】この半導体レーザ装置は、 n -GaAs基板101上に、 n -GaAsバッファ層102、 n -Al_{0.445}Ga_{0.555}As第一下クラッド層103、 n -Al_{0.551}Ga_{0.439}As第二下クラッド層133、Al_{0.35}Ga_{0.65}As下ガイド層104、図示しないIn_{0.1811}Ga_{0.8189}As_{0.6668}Po_{0.3332}圧縮歪量子井戸層（2層）とIn_{0.05}Ga_{0.95}As_{0.6469}Po_{0.3531}引張歪障壁層（3層）を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層105、Al_{0.35}Ga_{0.65}As上ガイド層106、 p -Al_{0.4885}Ga_{0.5115}As第一上クラッド層107および p -GaAsエッチングストップ層108を順次積層している。

【0048】上記 p -GaAsエッチングストップ層108上には、共振器前端面の近傍の領域において、図2に示すように、メサストライプ形状の p -Al_{0.4885}Ga_{0.5115}As第二上クラッド層109および底形状のGaAsキャップ層110を設けると共に、上記 p -AlGaAs第二上クラッド層109およびGaAsキャップ層110の両側を、 n -Al_{0.7}Ga_{0.3}As第一電流ブロック層112、 n -GaAs第二電流ブロック層113および p -GaAs平坦化層114からなる光・電流狭窄領域で埋め込み、さらに、全面に p -GaAsキャップ層116を設けている。

【0049】一方、図1に示すように、共振器後端面の近傍の領域において、上記 p -GaAsエッチングストップ層108上には、断面略3角形状のストライプ形状の p -Al_{0.4885}Ga_{0.5115}As第二上クラッド層109、その第二上クラッド層109を覆う n -Al_{0.7}Ga_{0.3}As第一電流ブロック層112、 n -GaAs第二電流ブロック層113および p -GaAs平坦化層114および p -GaAsキャップ層116を順次設けている。上記第二上クラッド層109の全体形状は、図6の斜視図に示すようになっている。

【0050】上記キャップ層116上および上記基板101下に図示しないが夫々電極を設け、前端面に低反射率コーティング膜141（反射率13%、Al₂O₃単層）および後端面に高反射率コーティング膜142（反

射率85%、Al₂O₃が4層、TiO₂が3層を交互に計7層）を蒸着している。

【0051】この半導体レーザ装置は、図1および2に示すように、ストライプ部121aと、そのストライプ部121aの両側方のストライプ部側方部121b、121bとを有している。

【0052】図1に示すように、共振器後端面近傍の領域においては、上記断面略3角形状のストライプ形状の p -AlGaAs第二上クラッド層109と p -GaAs平坦化層114との間に、最短電流経路を遮断する電流非注入領域の一例を構成する n -AlGaAs第一電流ブロック層112および n -GaAs第二電流ブロック層113を設けているため、つまり、上記断面略3角形状のストライプ形状の p -AlGaAs第二上クラッド層109、 n -AlGaAs第一電流ブロック層112、 n -GaAs第二電流ブロック層113および p -GaAs平坦化層114および p -GaAsキャップ層116でpnp接合を形成しているので、共振器後端面近傍の領域においては多重歪量子井戸活性層105へは、図2に示す共振器前端面近傍のメサストライプ形状の第二上クラッド層109を経由する電流が注入されて、上記共振器後端面近傍の領域における多重歪量子井戸活性層105への注入電流密度は、他の領域における多重歪量子井戸活性層105への注入電流密度よりも低減されている。したがって、この半導体レーザ装置においては、多重歪量子井戸活性層105がInGaAsPからなつてAlを含まないことによりCOD（端面破壊）が起きにくいことに加えて、上記共振器後端面近傍の領域における多重歪量子井戸活性層105への注入電流密度を低減して後端面の急速劣化を防止しているから、高出力状態において高信頼性・長寿命を有する。

【0053】図1、2および8に詳細に示すように後端面近傍が断面略3角形状で前端面近傍がメサ形状のストライプ状の p -AlGaAs第二上クラッド層109、 n -AlGaAs第一電流ブロック層112、 n -GaAs第二電流ブロック層113、 p -GaAs平坦化層114および p -GaAsキャップ層116が、上記共振器後端面近傍の領域における注入電流密度を他の領域における注入電流密度よりも低減する構造の一例を構成する。

【0054】次に、図3～図9を参照しながら、上記半導体レーザ装置の製造方法を説明する。

【0055】まず、図3に示すように、（100）面を持つ n -GaAs基板101上に、 n -GaAsバッファ層102（層厚0.5μm）、 n -Al_{0.445}Ga_{0.555}As第一下クラッド層103（層厚3μm）、 n -Al_{0.551}Ga_{0.439}As第二下クラッド層133（層厚0.2μm）、Al_{0.35}Ga_{0.65}As下ガイド層104（層厚24nm）、図示しないIn_{0.1811}Ga_{0.8189}As

0. 6666P. 0. 3332圧縮歪井戸層（歪量0. 12%、層厚160Å、2層）とIn. 0. 05Ga
0. 95As. 0. 0469P. 0. 3531引張歪障壁層（歪量-0. 9%、基板側から層厚100Å・50Å・100Åの3層）を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層105、Al. 0. 35Ga. 0. 65As上ガイド層106（層厚24nm）、p-Al. 0. 4886Ga. 0. 5116As第一上クラッド層107（層厚0. 1916μm）、p-GaAsエッチングストップ層108（層厚30Å）、p-Al. 0. 4886Ga. 0. 5116As第二上クラッド層109（層厚1. 28μm）およびGaAsキャップ層110（層厚0. 75μm）を順次有機金属化学気相成長法にて結晶成長させる。さらに、メサストライプ部を形成する部分に、エッチングマスクすなわちレジストマスク111をストライプ方向が[011]方向を持つように写真工程により作製する。このレジストマスク111は、作製する半導体レーザ装置の後端面近傍の領域で例えば幅2. 5μmであり、後端面近傍以外の領域で幅5. 5μmとする。図3は上述の構造を後端面側から見た斜視図であり、図4は前端面側から見た正面図、図5は後端面側から見た正面図である。

【0056】次に、図6に示すように、上記レジストマスク111以外の部分をエッチングして、ストライプ部121aを形成する。このエッチングは硫酸と過酸化水素水の混合水溶液およびフッ酸を用いて二段階で行い、エッチングストップ層108直上まで行う。このエッチングストップ層108のGaAsは、フッ酸によるエッチングレートが非常に遅いということを利用し、エッチング面の平坦化およびストライプの幅制御を可能にしている。エッチングの深さは1. 95μm、後端面近傍以外のメサストライプの最下部の幅は約2. 5μmである。図6は本構造を後端面側から見た斜視図であり、図7は前端面側から見た正面図である。

【0057】フッ酸によるエッチングの際、メサストライプ形状の第二上クラッド層109がサイドエッチをうけるが、上述のようにレジストマスク111の幅の制御を行うと、後端面近傍の領域ではマスク幅が狭いために、ストライプ形状のキャップ層110に接している箇所のメサストライプ形状の第二上クラッド層109の幅がなくなつて、キャップ層110と離れる。エッチング後、上記レジストマスク111を除去するが、後端面近傍の領域にある図1に示す断面3角形状の第二クラッド層109と離れている上記キャップ層110は、リムーバによるレジスト除去および有機洗浄を超音波により行うことで欠けてしまい、図6に示すような形状になつて、後端面近傍以外の領域に底状のキャップ層110が残るようになる。

【0058】続いて、図8に示すように、上記エッチングストップ層108およびキャップ層110上かつメサ

ストライプ形状の第二クラッド層109の側方に、n-Al. 0. 7Ga. 0. 3As第一電流ブロック層112

（層厚1. 0μm）、n-GaAs第二電流ブロック層113（層厚0. 3μm）、p-GaAs平坦化層114（層厚0. 65μm）を順次有機金属結晶成長させて、光・電流狭窄領域を形成する。その後、写真工程により、図8および9に示すように、上記ストライプ部両側方部121b、121b上および上記ストライプ部121aの後端面近傍の領域上に、レジストマスク115を形成する。図8は本構造を後端面側から見た斜視図であり、図9は前端面側から見た正面図である。

【0059】その後、上記レジストマスク115に覆われていない部分の平坦化層114、第二電流ブロック層113および第一電流ブロック層112をエッチングにより除去する。このエッチングには、アンモニアと過酸化水素水の混合水溶液および硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いて、二段階でエッチングを行う。その後、上記レジストマスク115を除去して、全面にp-GaAsキャップ層116（層厚2. 0μm）を積層する。このとき、後端面近傍のストライプ部121aの上方の上記n-AlGaAs第一電流ブロック層112、n-GaAs第二電流ブロック層113およびp-GaAs平坦化層114はレジストマスク115で覆われているため、エッチングを受けなくて、後端面近傍の領域のストライプ部121aにおいて、上記断面3角形状のp-AlGaAs第二上クラッド層109、n-AlGaAs第一電流ブロック層112、n-GaAs第二電流ブロック層113およびp-GaAs平坦化層114からなるpnp接合が残ること、この断面3角形状のp-AlGaAs第二上クラッド層109、n-AlGaAs第一電流ブロック層112、n-GaAs第二電流ブロック層113およびp-GaAs平坦化層114からなる電流非注入領域の一例が作製されることとなる。

【0060】そして、上記キャップ層116上および上記基板101下にそれぞれ電極（図示せず）を配し、バーの状態にへき開後に、前端面に低反射率コーティング膜141（反射率13%、Al₂O₃単層）および後端面に高反射率コーティング膜142（反射率85%、Al₂O₃が4層、TiO₂が3層を交互に計7層）を蒸着して、図1および2に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0061】本実施の形態1においては、発振波長は780nmであり、図10に示すように最高光出力が300mWであることを確認した。従来のようなAlGaAs系の材料により量子井戸活性層が作製された半導体レーザ装置では、活性なAlの存在によりレーザ共振器端面にAl酸化物が生じやすく、共振器端面において、Alの酸化物による表面準位が多いために、キャリアがこの準位を介して吸収されて非発光再結合電流が流れ、局所的に温度が上昇する。この温度上昇によって端面近傍

10

20

30

40

50

のバンドギャップが縮小し、さらにレーザ光の吸収が増加し、端面温度が上昇する。このような正帰還を繰り返すことにより端面が溶融して発振が停止するというCOD（端面破壊）が生じると考えられている。そこで、本実施の形態1では、多重歪量子井戸層にInGaAsPを用いて、つまり、Alを含まない（Alフリー）材料を用いているために、上記のようなCODのメカニズムは生じずにAlGaAs系の半導体レーザ装置では実現し得なかった高出力なレーザ光を実現できた。さらに、後端面近傍の注入電流密度を低減させるために電流非注

入領域を設けているが、前端面近傍にも同様に電流非注入領域を設けることで、より端面からの劣化に強い構造となるので、上記と同様の効果が得られた。具体的には、図11のようなレジストマスク111を用いて上記と同様のプロセスにより半導体レーザ装置を作製するのだが、Aの位置でバーの状態にへき開すると本実施の形態と同様になるが、Bの位置でバーの状態にへき開すると、後端面近傍と前端面近傍との両方に電流非注入領域を設けることができる。

【0063】また、本実施の形態1においては、前端面のコーティング膜141として Al_2O_3 単層膜、後端面のコーティング膜142として Al_2O_3/TiO_2 多層膜が用いられている。通常、半導体レーザの端面コーティング、特に後端面には Al_2O_3/Si 多層膜が多く用いられているが、Siよりも TiO_2 のほうが出射されたレーザ光の吸収が少ないため、コーティング膜の材料としては TiO_2 のほうが強い材料といえるので、後端面のコーティング膜を Al_2O_3/TiO_2 多層膜とすることで、より上記効果が得られた。なお、電流注入をストライプ全面で均一としたときも、後端面のコーティング膜を Al_2O_3/TiO_2 とすることで、信頼性が向上した。

【0064】また、本実施の形態1においては、GaAs基板101上のInGaAsPからなる圧縮歪量子井戸活性層105が用いられており、これにより780nm帯において、しきい値電流の低い、高信頼性・長寿命・高出力な半導体レーザ装置が実現された。また、上記圧縮歪量が3.5%以内であることにより、より好適に上記効果が得られた。ここでいう歪量とは、GaAs基板の格子定数を a_{GaAs} 、井戸層の格子定数を a_1 とすると、 $(a_1 - a_{GaAs}) / a_{GaAs}$ で表される。この値が正であれば圧縮歪、負であれば引っ張り歪と呼ばれる。図12に井戸層の圧縮歪量の違いによる半導体レーザ装置の信頼性（70℃、230mW）を示すグラフを示す。圧縮歪量が3.5%を越えると信頼性が悪化しているのが分かる。これは、圧縮歪量が大き過ぎて結晶性が悪くなっていると考えられる。

【0065】また、本実施の形態1においては、InGaAsPからなる引張歪障壁層が用いられており、圧縮歪を有する井戸層に対してその歪量を補償していることで、より安定した結晶をもつ歪量子井戸活性層を作製することができて、高信頼性を有する半導体レーザ装置が実現された。また、上記引張歪量が3.5%以内であることにより、より好適に上記効果が得られた。

【0066】また、本実施の形態1においては、上記下および上ガイド層104、106がAlGaAsからなり、かつ、上記量子井戸活性層105は、上記下および上ガイド層104、106に接する部分が障壁層であるので、発光再結合のおこる井戸層にはAlGaAsが隣接していないことによって信頼性を確保しながら、キャリアのオーバーフローはAlGaAsのコンダクションバンドのエネルギー（Ec）およびバレンスバンドのエネルギー（Ev）により十分に抑制する効果を得ることができた。通常高信頼性を得るためにAlフリーの半導体レーザ装置を作る場合、ガイド層、クラッド層までInGaPなどで全てAlフリーとする。しかし、本実施の形態1では、発振波長780nm帯のInGaAsPからなる井戸層に対するコンダクションバンドのエネルギー差（ ΔEc ）、バレンスバンドのエネルギー差（ ΔEv ）がバランスよく得られるAl混晶比が0.2より大きいAlGaAsを、下および上ガイド層104、106として、信頼性に影響のない範囲まで可能な限り井戸層に近づけて設けている。図13にガイド層のAl混晶比に対する温度特性（To）の関係を示すグラフを示す。ガイド層のAl混晶比が0.2よりも大きいAlGaAsの場合に温度特性が向上していることが確認されている。井戸層と、下および上ガイド層104、106との間には、AlフリーであるInGaAsP系の薄い障壁層を設けている。これにより、上記効果を得ており、また、井戸層とその両側の障壁層のみをAlフリーとし、ガイド層より外側はAlを含む層にすることで、十分高い信頼性を得ることができる。Alを含む層は発光部である井戸層と隣接する領域をAlフリーにすることが最も影響が大きく、その外側にはAlを含む層は若干離しておくことで高い信頼性が得られており、離しておく距離は、およそ70Å以上であればよい。

【0067】また、本実施の形態1においては、キャップ層110により電流注入領域が作成される。そして、レジスト115を除去する超音波洗浄時に同時に後端面近傍のキャップ層110が図6に示すように除去されて、全面に積層された第一および第二電流ブロック層112、113は、後に、キャップ層110上において除去されるが、図1、6に示すように、ストライプ部121aにおいて後端面近傍の領域のキャップ層110が除去された第二クラッド層109の上の部分だけ自動的に除去せずに残すことができるので、電流非注入領域を簡便に作成することができる。

【0068】なお、本実施の形態1では、埋込リッジ構造としたが、これに限るものではない。リッジ構造、内部ストライプ構造、埋込ヘテロ構造など、あらゆる構造に対して同様の効果が得られる。また、本実施の形態1では、n型基板を用いたが、p型基板を用い、上記実施の形態のn型、p型を入れ替えても、同様の効果は得られる。また、波長は780nmとしたが、これに限るものではない。760nmより大きく800nmより小さいいわゆる780nm帯であれば同様の効果が得られる。

【0069】（実施の形態2）図14は、本発明の実施の形態2の光ディスク記録再生装置の構造を示したものである。この光ディスク記録再生装置は、光ディスク401にデータを書き込んだり、書き込まれたデータを再生するためのものであり、発光素子として、先に説明した実施の形態1の半導体レーザ装置と同じ半導体レーザ装置402を備えている。

【0070】この光ディスク記録再生装置についてさらに詳しく説明する。書き込みの際は、上記半導体レーザ装置402から出射されたデータ信号がのったレーザ光は、コリメートレンズ403により平行光とされて、ビームスプリッタ404を透過する。このビームスプリッタ404を透過したレーザ光は、 $\lambda/4$ 偏光板405で偏光状態が調節された後、対物レンズ406で集光されて、光ディスク401に照射されて、この光ディスク401にデータが記録される。

【0071】一方、読み出し時には、データ信号がのっていないレーザ光が書き込み時と同じ経路をたどって光ディスク401に照射される。このレーザ光がデータの記録された光ディスク401の表面で反射されて、データ信号がのった再生光となる。この再生光は、レーザ光照射用対物レンズ406、 $\lambda/4$ 偏光板405を経た後、ビームスプリッタ404で反射されて、90°角度を変えた後、再生光用対物レンズ407で集光され、信号検出用受光素子408に入射する。この信号検出用受光素子408内で、入射したレーザ光の強弱によって、レーザ光にのったデータ信号が電気信号に変換されて、信号光再生回路409において元のデータが再生される。

【0072】上記実施の形態2の光ディスク記録再生装置は、従来の半導体レーザ装置よりも高い光出力で動作する上記半導体レーザ装置402を用いているため、ディスクの回転数を従来より高速化してもデータの読み書きが可能である。特に、上記半導体レーザ装置402の書き込み時のピーク光出力がレーザ出射端面において120mW以上であるため、書き込み時に問題となっていた光ディスクへのアクセス時間が、従来の半導体レーザ装置を用いた光ディスク記録再生装置よりも格段に短くなって、この光ディスク記録再生装置はより快適に操作できる。

【0073】なお、ここでは、上記半導体レーザ装置を光ディスク記録再生装置に適用した例について説明したが、本発明の半導体レーザ装置は、波長780nm帯を用いる光ディスク記録装置、光ディスク再生装置にも適用可能であることはいふまでもない。

【0074】なお、本発明の半導体レーザ装置および光ディスク再生記録装置は、上述の図示例にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

10 【0075】

【発明の効果】以上より明らかなように、本発明半導体レーザ装置は、量子井戸活性層がInGaAsPからなっていないため、酸化が起きにくくてCOD（端面破壊）が起きにくいことに加えて、共振器後端面近傍の領域における注入電流密度を低減する構造を備えるので、共振器の後端面の急速劣化を防止することができて、従来のAlGaAs系の半導体レーザ装置では実現し得なかった高出力・高信頼性・長寿命を実現できる。

20 【0076】また、本発明の半導体装置の製造方法は、エッチングマスクを超音波洗浄で除去している際に、上記エッチングマスクに近い方の半導体層の不要な一部であって上記エッチングマスクから遠い方の半導体層と離間している上記不要な一部を上記超音波洗浄のエネルギーによってへき開等で欠いて除去するので、エッチングマスクを除去する工程において、同時に半導体層の不要な部分を除去できて、製造工程を簡略化できる。

30 【0077】また、本発明の光ディスク再生記録装置は、高信頼性・長寿命・高出力な上記半導体レーザ装置を用いているので、光ディスクの回転数を従来よりも高速化してもデータの読み書きが可能で、光ディスクへのアクセス時間が、従来の光ディスク再生記録装置よりも格段に短くなって、より快適に操作できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置を後端面側から見た斜視図である。

【図2】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置を前端面側から見た正面図である。

40 【図3】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置の製造方法を示す後端面側から見た斜視図である。

【図4】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置の製造方法を示す前端面側から見た正面図である。

【図5】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置の製造方法を示す後端面側から見た正面図である。

【図6】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置の製造方法を示す後端面側から見た斜視図である。

【図7】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置の製造方法を示す前端面側から見た正面図である。

50 【図8】 本発明の実施の形態1の半導体レーザ装置の製造方法を示す後端面側から見た斜視図である。

【図 9】 本発明の実施の形態 1 の半導体レーザ装置の製造方法を示す前端面側から見た正面図である。

【図 10】 従来の半導体レーザ装置および本発明の半導体レーザ装置の光出力-電流特性を示すグラフである。

【図 11】 本発明の半導体レーザ装置の製造方法に用いるレジストマスクの形状の一例の上面図である。

【図 12】 本発明の半導体レーザ装置において井戸層の圧縮歪量の違いによる半導体レーザ装置の信頼性 (70°C、230mW) を示すグラフである。

【図 13】 本発明の半導体レーザ装置においてガイド層の Al 混晶比に対する温度特性 (T₀) の関係を示すグラフである。

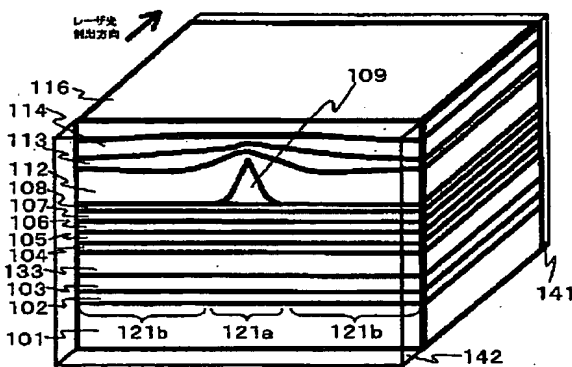
【図 14】 本発明の実施の形態 2 の光ディスク記録再生装置の概略図である。

【図 15】 従来の半導体レーザ装置の後端面側から見た斜視図である。

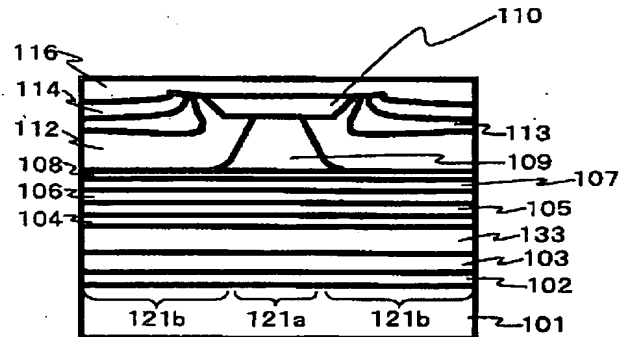
【符号の説明】

- 101 基板
- 103 第一下クラッド層
- 104 下ガイド層
- 105 多重歪量子井戸活性層
- 106 上ガイド層
- 107 第一上クラッド層
- 109 第二上クラッド層
- 110, 116 キャップ層
- 111, 115 ジストマスク
- 112 第一電流ブロック層
- 113 第二電流ブロック層
- 114 平坦化層
- 121a メサストライプ部
- 121b メサストライプ部側方部
- 133 第二下クラッド層
- 141 低反射率コーティング膜
- 142 高反射率コーティング膜
- 402 半導体レーザ装置

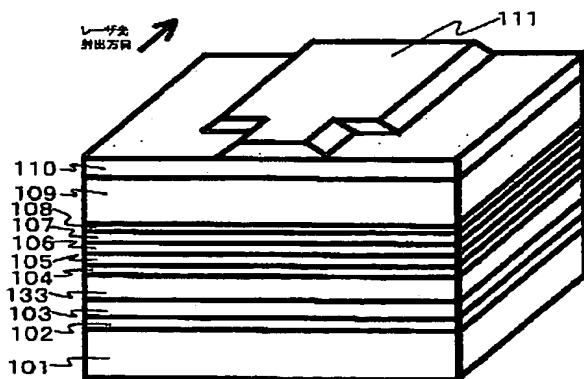
【図 1】



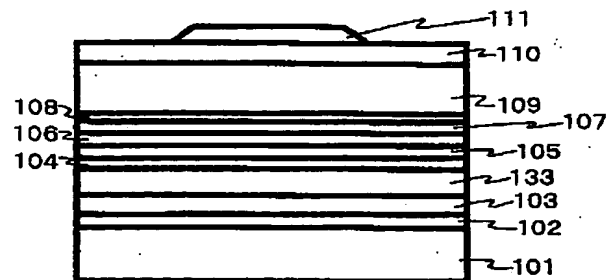
【図 2】



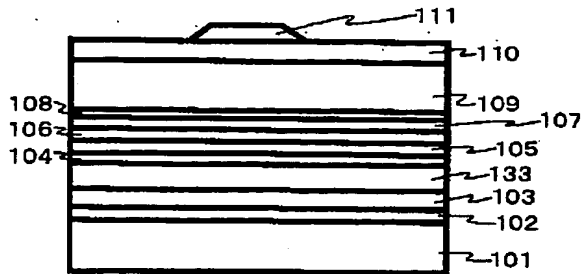
【図 3】



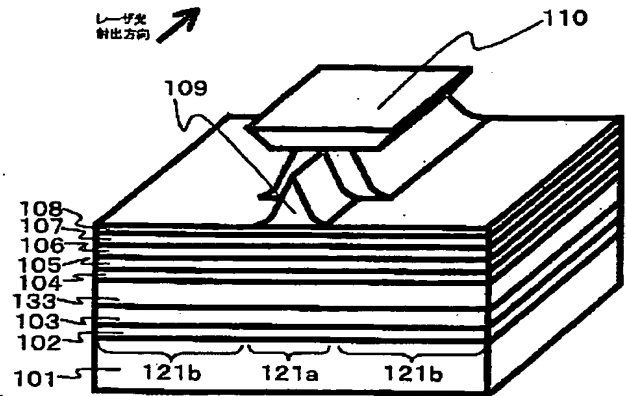
【図 4】



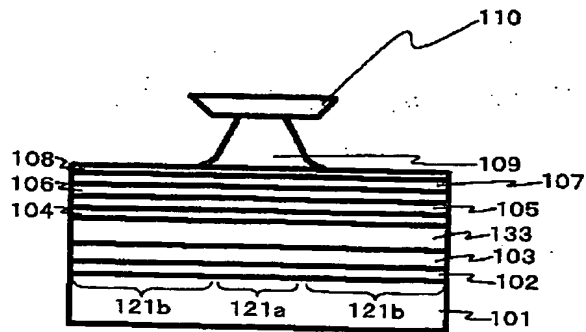
【図5】



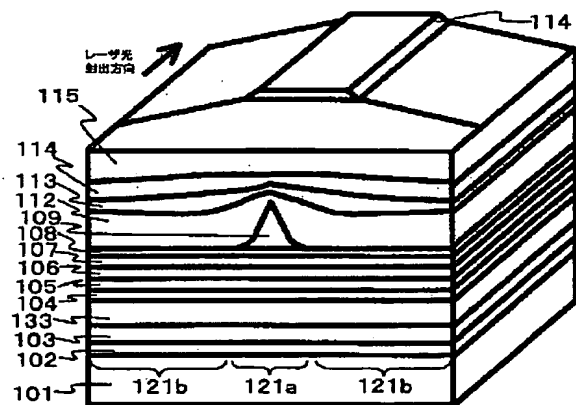
【図6】



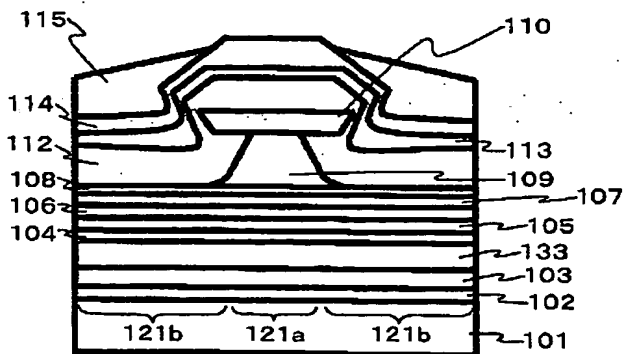
【図7】



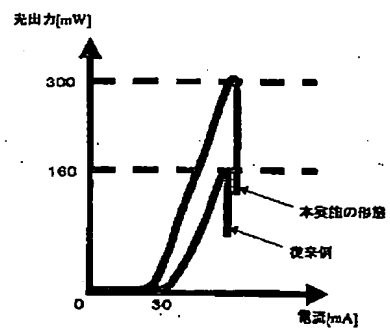
【図8】



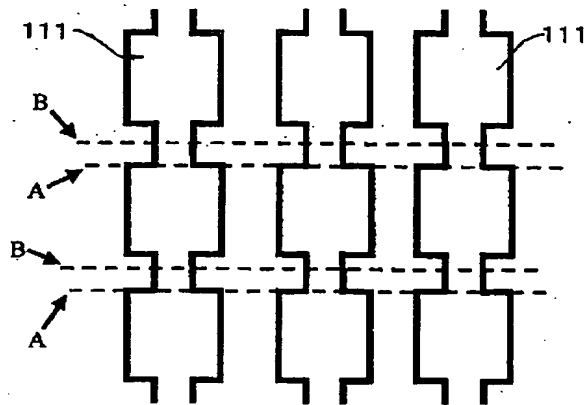
【図9】



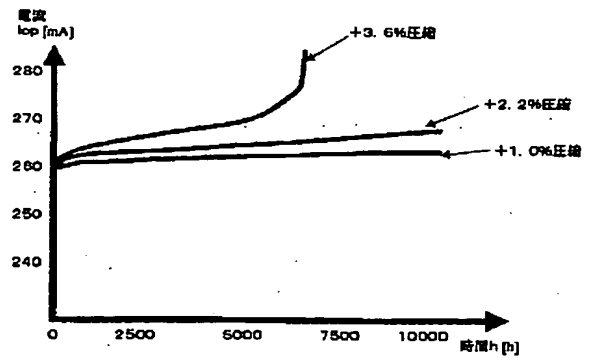
【図10】



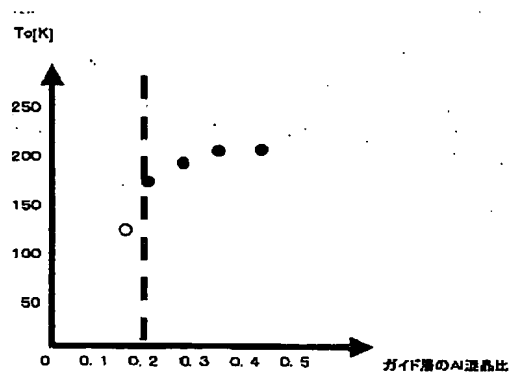
【図11】



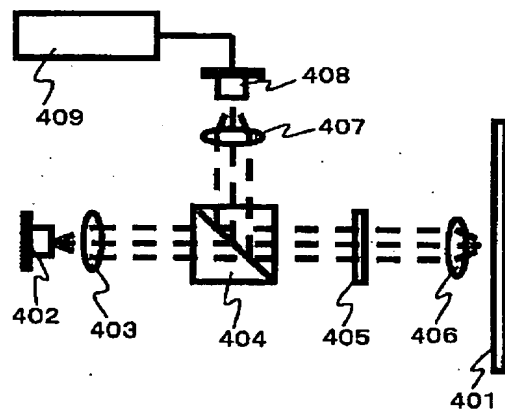
【図12】



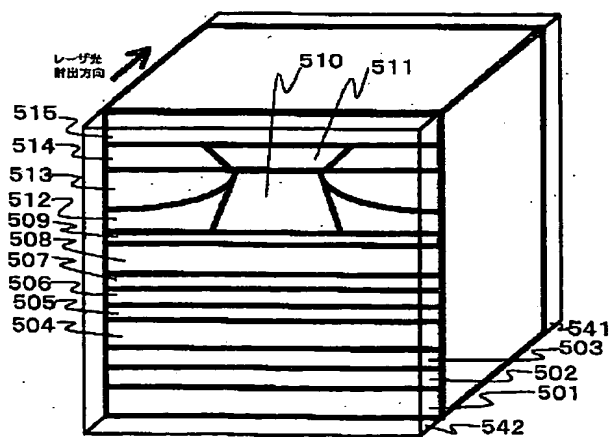
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D119 AA08 AA24 AA33 AA38 AA42
BA01 BB01 BB02 BB04 FA05
FA18 FA19 NA04
5D789 AA08 AA24 AA33 AA38 AA42
BA01 BB01 BB02 BB04 FA05
FA18 FA19 NA04
5F073 AA07 AA53 AA74 AA83 BA05
BA06 CA16 CB02 DA05 DA23
EA28